

- [12] 大門, 茂木, 川嶋: 動画像処理によるドライバーの視線自動検出, 人間工学, Vol. 31, No. 1, pp. 39-48, 1995
- [13] 尾田, 原: ステレオ画像法による非接触視点検出システム, 日本機械学会シンポジウム講演論文集, Vol. 98-31, pp. 222-226, 1998
- [14] 柴崎, 周, 他: 顔画像からの視線方向検出の検討, ライフサポート, Vol. 8, No. 4, pp. 7-10, 1996
- [15] 伊藤, 数藤: 画像センサを用いた眼球運動による意志伝達システム, 信学技報, Vol. 99, No. 2, pp. 93-96, 2000
- [16] 伊藤: 画像センサを用いた眼球運動による環境制御システム, 電子情報通信学会誌, Vol. 85, No. 1, pp. 57-59, 2002

(2003年4月30日受付, 8月6日再受付)

著者紹介

伊藤 和幸 (正会員)



平成3年北海道大学大学院工学研究科(生体工学専攻)修士課程修了。現在、国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所福祉機器開発部に勤務。身体障害者用のコミュニケーション機器の研究・開発に従事。電子情報通信学会、ヒューマンインタフェース学会などの会員

盲ろう者のためのカナ呈示触覚ディスプレイシステムの開発

坂尻正次^{*1} 伊藤和幸^{*2} 岡田伸一^{*1} 富田英雄^{*3} 伊福部達^{*4}

An Development of the Tactile Display System to Show the Characters

for Individuals Who are Deaf-Blind

Masatsugu Sakajiri^{*1}, Kazuyuki Itoh^{*2}, Shinichi Okada^{*1}, Hideo Tomita^{*3} and Thoru Ifukube^{*4}

Abstract - The aim of this research was to develop the assistive aid for deaf-blind person who do not use Braille and totally deaf-blind. First, we made tactile fonts for the tactile display system and evaluated these fonts. Results of the evaluation showed 80% of the correction rate in the lowest scored subject. Second, character input system for the tactile display system using the character input method for the mobile phone was evaluated. Results of the evaluation showed that this input system was useful for the beginner even though the input efficiency was not so enough. From these results a tactile display system to show the characters was developed for deaf-blind persons who do not use Braille.

Keywords: deaf-blind, tactile display, communication-aid, assistive device, visually impaired

1. はじめに

視覚と聴覚に障害のある障害者を一般的に盲ろう者という。日本国内における盲ろう者の人口は2万人程度と言われている^[1]。

盲ろう障害は、視覚と聴覚のそれぞれの障害の程度(全盲・全聾, 全盲難聴, 弱視・全聾, 弱視・難聴), それぞれの障害の発生時期や順序(先天盲ろう, 中途盲ろう, 盲ベース, 聾ベース), 受けてきた教育等の環境によって多様な障害特性を示す^[1]。我々も盲ろう者用支援機器の開発においてはこのような障害特性を十分考慮する必要があることを示してきた^{[2],[3]}。

盲ろう者は、視覚と聴覚に重複した障害を持っているため、その生活および就労は大変困難な状態にあるが、特に困難なことのひとつにコミュニケーションがある。盲ろう者のコミュニケーション法には、代表的なものとして指の上に点字を打つ指点字、手話を触って会話をする触手話、手のひらに文字を書く手書き文字などが挙げられる^[1]。海外では、指文字によるコミュニケーションが多く、タドマ法という相手の口元付近に手をおきその振動で相手の話していることを認識するコミュニケーション法もある^[4]。

盲ろう障害は視覚と聴覚の重複した障害であるので、その支援機器は、聴覚障害者用と視覚障害者用に作られ

た支援機器の中で盲ろう者が使用できる機器を選択する必要がある。例えば、視覚障害者用の音声時計は、合成音声によって時刻を読み上げるために聴覚障害を伴う盲ろう者には利用できない。市販されている盲ろう者用支援機器についてまとめられている内外のいくつかの文献を参考文献として挙げる^{[5]-[8]}。

日本における盲ろう者用機器の研究を概観すると次のようになる。音声情報を触覚により伝達するタクトイルボコーダの研究^{[9],[10]}、点字を修得していない盲ろう者を対象とした発泡印刷用のプリンタと印刷パターンに関する研究^{[11],[12]}もおこなわれている。

指点字用機器の研究としては、点字ピンディスプレイによる呈示方式を採用している研究^[13]、電気刺激による呈示方式を採用している研究^[14]、振動モーターを利用した呈示方式に関する研究^{[15]-[18]}が行われている。また、指点字のプロソディ(韻律)に注目した研究もある^[19]。我々も、指点字に着目し、指点字によるコミュニケーションを補助するための支援機器の開発を目的とした研究をおこなっている。

一方、一般的に「聾ベース」と言われている後天的視覚障害・先天的聴覚障害の盲ろうの場合や、中途盲ろうの盲ろう者には、点字の修得が困難な場合が多い。年齢とともに触覚の機能及び触パターン認識の機能が低下し^{[20]-[22]}、さらに年齢とともに点字触読能力が低下すること^[23]が報告されている。また、点字を修得していない盲ろう者は、指点字を利用することも少ないので、このような盲ろう者には点字・指点字によるアプローチは有効ではない。

また、全盲・全聾で点字を修得していない盲ろう者は、現状ではパソコン等の電子化された情報にアクセスすることができない。視覚障害者用の音声読み上げソフトの

*1: 障害者職業総合センター

*2: 国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所

*3: 東京電機大学理工学部

*4: 東京大学先端科学技術研究センター

*1: National Institute of Vocational Rehabilitation

*2: Research Institute National Rehabilitation Center for people with Disabilities

*3: College of Science and Engineering, Tokyo Denki University

*4: Research Center for Advanced Science and Technology, University of Tokyo

音声出力・点字出力,あるいは,画面拡大ソフトの拡大表示を利用することができないからである。

点字を修得していない視覚障害者・盲ろう者が触覚で文字そのものを読みとるためのフォントの研究がされており^{[24]-[25]},そのフォントを印刷するための印刷機の研究もされている^{[11],[12]}。しかし,盲ろう者のために書き換え可能な触覚ディスプレイで文字を呈示するための研究はほとんどされていない。なお,触覚ディスプレイに関しては,これまでも主に視覚障害者を対象とした研究が多数ある^{[25]-[30]}。例えば,渡辺ら^[30]は,触覚ディスプレイを用いた視覚障害者用電子レーズライタを試作しているが,この装置は,音声読み上げなどによるテキスト情報呈示によっては表現することのできない図形情報を触覚ディスプレイにより視覚障害者に呈示することが目的である。漢字等の文字表示にも用いられるが,これは文字の学習用であり,実用的に読むために触覚ディスプレイで文字を呈示することを目的としているわけではない。

以上のことから,点字ではなく文字そのものの形を触覚ディスプレイに表示することにより,点字を修得していない盲ろう者が触覚で文字を読み書きするための触覚ディスプレイシステムの開発をおこなうこととした。

本研究では,盲ろう者が触覚で読むための触覚ディスプレイ用フォントを作成し,テンキーによる入力方式を開発し,それぞれの評価を実施した。さらに,これらの結果を基にカナ呈示触覚ディスプレイシステムを試作したので本論文で論ずることとする。

2. 触覚ディスプレイ用フォント評価実験

触覚ディスプレイを開発するにあたり,KGS社製のグラフィックセル SC-5を4個並べて使用することとした。SC-5は,縦8ドット×横8ドット,計64個の触知ピンが3mm間隔で並んでいる。このSC-5を4個用い縦2個×横2個に配置して,縦16ドット×横16ドット,計265個の触知ピンから構成される触覚ディスプレイを用意した。

フォントの作成において,最も考慮すべきことは触覚ディスプレイの特性である。使用している触覚ディスプレイは3mmピッチでピンが配置されているため縦線,横線及び斜め45度の線以外は線がなめらかにならないため触覚で認識することが難しくなる。そこで,原則として,縦線,横線及び斜め45度線を使用することとした。この原則により日本語を表示する場合,平仮名より片仮名の方が適しているので片仮名を採用することとした。なお,漢字は触覚ディスプレイの解像度を考えた場合,認識が困難と予想されたので漢字は用いないこととした。フォント作成にあたっては,以上の原則に加え,混同しやすいと考えられる「シ」と「ツ」,「ン」と「ソ」,「ヌ」と「ス」,及び「ハ」と「ヘ」等の組合せについて,区別しやすい特徴を付加することとした。また,触覚に

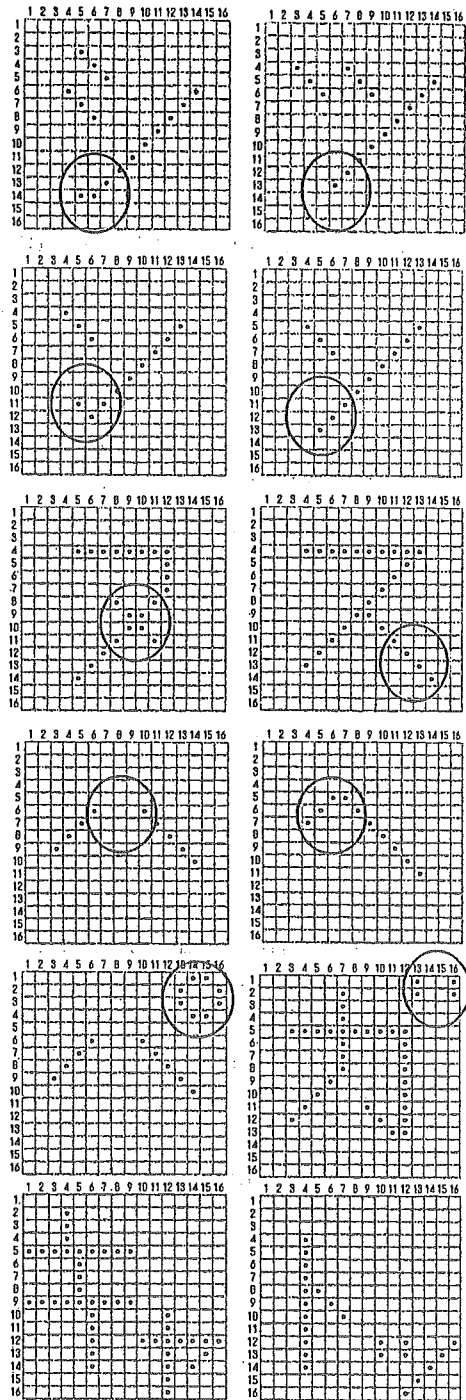


図1 作成したフォントの例

Fig1. Examples of fonts for tactile display

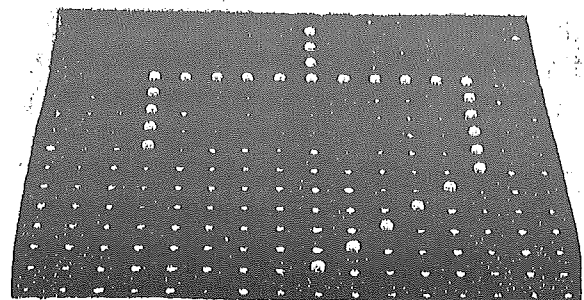


図2 触覚ディスプレイに表示された「ウ」
Fig2. One of the fonts shown on tactile display

より探索することから、読み取りに必要な部分の極力短くすることも必要になる。

フォントの大きさについては、16×16ドットの領域に収まる程度で、且つ、触知による探索時間をむやみに長くしないように配慮した。言い換えると、初心者でも十分に分かる程度にフォントを大きくするが、理解しやすいフォントについては触知に要する時間を短縮するために小さめに設定した。

また、盲ろう者が手書き文字を利用する場合は、手のひらの上に文字をなぞるといった性質上、曲がる部分や跳ねの部分において、その特徴を強調するように書いている。このような特徴を強調させるようなフォントを作成する必要がある。

以上に基づきフォントの原案を作成し、手書き文字を日常的に使用している盲ろう者の意見により修正を加え、評価用フォントを作成し、それを評価することとした。

なお、図1に作成したフォントの例を示した。図1の上段左は「シ」で上段右は「ツ」である。同様に上から2段目は、「ン」と「ソ」、上から3段目は「ヌ」と「ス」、上から4段目は、「ハ」と「ヘ」、上から5段目は、半濁音の「パ」と濁音の「ガ」、最下段は、拗音を含む「キャ」と促音を含む「トッ」である。「シ」と「ツ」は実線で囲んだ部分で示しているように「シ」の方に横に1ドット付加することにより区別できるようにした。当初は、「ツ」の点線で囲んだ部分に1ドット付加する予定であったが、意見を伺った盲ろう者から、探索時間を少なくするために1つの部分で「シ」と「ツ」を判別できるようにした方がよいとの意見があったため、図1のようにした。「ン」と「ソ」も「シ」と「ツ」と同様の理由から図1で示すようにした。「ヌ」と「ス」は、盲ろう者の意見により「ヌ」の実線で囲んだ部分を短めにし、「ス」の実線で囲んだ部分を長めにすることで区別しやすくなるようにした。「ハ」と「ヘ」は実線で示した部分で区別できるようにした。半濁音は図1の「パ」の実線で囲った部分のように、濁音については、「ガ」の実線部分のように、拗音については、「キャ」の実線部分のように、促音については、「トッ」の実線部分のように、それぞれ盲ろう者の意見に基づいて作成した。図2に触覚ディスプレイに表示された「ウ」を示す。作成したフォントの一覧は参考文献^[3]を参照頂きたい。

2.1 実験方法（フォント評価実験）

呈示文字として作成したフォントの片仮名50音（46文字）を用意した（表2で示す出題文字と同じ）。濁音、半濁音、拗音、促音は呈示しない。被験者に対して呈示する文字数は1セット20個で2セットをおこなう。文字はランダムに呈示する。回答方法は文字を判別した時点で口頭で答えることとした。文字を呈示してから回答するまでの時間を測定した。健常者は試験中にはアイマスク、耳栓を着用した。

実験を始める前に、片仮名50音（46文字）全てを被験者に呈示し、フォントの特徴を説明した。

被験者データを表1に示した。被験者は18歳から63歳までの男女5名である。被験者Aは、全盲・全聾の障害を持つ盲ろう者であり、日常生活において手書き文字と指点字をコミュニケーション手段として用いている。その他の被験者は健常者である。

2.2 結果と考察（フォント評価実験）

図3に実験結果を示す。最も正解率が低かったのは被

表1 被験者
Table1. Subjects

| 被験者 | A | B | C | D | E |
|-----|-----|----|----|----|----|
| 性別 | 女 | 男 | 男 | 女 | 男 |
| 年齢 | 63 | 23 | 18 | 48 | 50 |
| 障害 | 盲ろう | 健常 | 健常 | 健常 | 健常 |

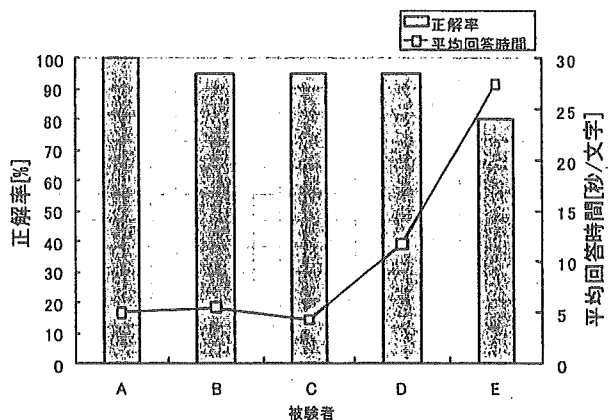


図3 触覚ディスプレイ用フォント評価実験結果
Fig3. Results of font evaluation experiment

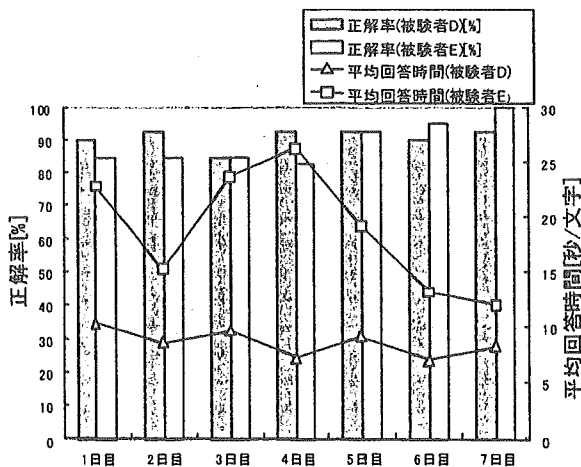


図4 学習効果評価実験結果
Fig4. Results of learning effect evaluation

験者 E で正解率が 80%で、平均回答時間は 27.5 秒であった。最も正解率が高かった被験者 A は、正解率が 100%で、平均回答時間は、約 5 秒であった。正解率が低くなるほど回答時間が長くなる傾向にある。

十分な時間を与えればほとんどの文字を判別することができることがわかった。正解率が 100%ではない原因として、全てを触知せずに探索の途中で他の文字として判断してしまうことと、「ツ」と「シ」などの形の似た文字間での誤認識があったことなどが挙げられる。

被験者 A には、フォント作成の段階から意見を伺い、その意見を取り入れてフォントを作り込んできた。また、点字を使用し、指点字や手書き文字によるコミュニケーション

を日常的におこなっていることで、触覚による探索及び認知に慣れている。これらの理由から、正解率が 100%で、回答時間も最も短かったものと考えられる。被験者 B, C は以前に同じような評価試験を体験したことがあり、それが要因で回答時間が短かったと考えられる。このような経験のない被験者 D, E は他の 3 人に比べ時間がかかっている。また、後で述べるが、被験者 D, E は加齢に伴い触覚機能が低下していることも考えられる。

経験の有無が与える他の影響として、普段使う機会の少ない片仮名を呈示したことによる測定結果の低下が挙げられる。実験後、被験者 D, E は、普段使い慣れていない片仮名が呈示されたので戸惑いを感じたと述べてい

表 2 学習効果評価実験結果の混同行列
Table2. Confusion matrix of results of the learning effect evaluation

| | 出題文字 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | ア | イ | ウ | エ | オ | カ | キ | ク | ケ | コ | サ | シ | ス | セ | ソ | タ | チ | ツ | テ | ト | ナ | ニ | ヌ | ネ | ノ | ハ | ヒ | フ | ヘ | ホ | マ | ミ | ム | メ | モ | ヤ | ユ | ヨ | ラ | リ | ル | レ | ロ | ワ | ラン | | | | | | | | | | | | | | |
| ア | | | | | | | | | | | | 1 | | 7 | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| イ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ウ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| エ | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| オ | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| カ | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| キ | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ク | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ケ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| コ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| サ | | | | | | | | | | 1 | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| シ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ス | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| セ | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ソ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| タ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| チ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ツ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| テ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ト | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ナ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ニ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ヌ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ネ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ノ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ハ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ヒ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| フ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ヘ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ホ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| マ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ミ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ム | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| メ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| モ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ヤ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ユ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ヨ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ラ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| リ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ル | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| レ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ロ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ワ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ラン | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

た。また、触図というものを日常的に使わないことも原因の一つとして挙げられる。

また、回答後に触覚ディスプレイを1, 2秒間ほど探索してから間違いに気付くケースがいくつか見受けられた。回答に要した時間を測定しているために急いでしまい、十分な確認のないままに回答し、結果として誤答に結びつく場合もあったのではないかと推測される。

3. 学習効果評価実験

学習効果による測定結果の変化を調べるために、被験者 D, E に評価実験を1週間にわたっておこない、その正解率と平均回答時間を測定することとした。

3.1 実験方法 (学習効果評価実験)

学習の効果を確かめるために、フォント評価実験と同様の実験を1週間連続しておこなった。被験者はフォント評価実験の被験者 D と E である。

呈示文字として作成したフォントの片仮名 50 音 (46 文字) を用意した (表 2 で示す出題文字と同じ)。濁音、半濁音、拗音、促音は呈示しない。被験者に対して呈示する文字数は1セット 20 個で2セットをおこなう。文字はランダムに呈示する。回答方法は文字を判別した時点で口頭で答えることとした。文字を呈示してから回答するまでの時間を測定した。健常者は試験中にはアイマスク、耳栓を着用した。

1セット終了後、被験者に正解を示し、誤りについて確認してもらうことにより学習した。

以上を1日当たりの実験とし、同じ実験を7日間連続しておこなった。

3.2 結果と考察 (学習効果評価実験)

実験結果を図 4 に示した。正解率を棒グラフで、平均回答時間を折れ線グラフで示した。

被験者 D は1週間を通して正解率、平均回答時間ともにほぼ一定な値を示した。若干ではあるが、平均回答時間は日を重ねるにつれ短くなる傾向が見られるが、学習による効果はほとんど示されていない。

被験者 E は被験者 D に比べ、平均回答時間にばらつきが見られる。しかし、1週間の後半は短くなっているため学習による時間短縮効果が見られる。

しかし、フォント評価実験での被験者 A, B, C に比べて、被験者 D, E の回答時間は1週間経過した後でも長く、学習効果による認識時間の短縮には限界があることが示された。Stevens^[21]は、触覚の空間分解能は加齢とともに低下し、2点閾の低下には体部位差があり、前腕より指先で著しいと報告している。和気ら^[22]も触覚による文字認識に及ぼす加齢効果を調べ、加齢とともに触覚による文字認知の精度が低下することを報告している。また、井上ら^[23]は、中途失明者の点字触読と加齢の関係を調べ、加齢とともに点字触読精度が低下することを報告している。被験者の数が少ないので断言はできないが、

これらの報告から考えると、被験者 E, D の結果には、加齢による触覚機能の低下が関係している可能性がある。

本研究の目的は、点字の修得が困難な中途の盲ろう及び後天的視覚障害の盲ろう者を対象としたカナ呈示触覚ディスプレイの開発であるので、中年期以降の点字の修得が困難な比較的年齢層が高い盲ろう者を対象としている。実用化にあたっては、このようなケースが多く出てくると考えられる。しかし、被験者 D, E のように回答時間が長くても、認識率は十分な値を示しているため、実用上は問題が生じないと考えている。

次に間違えた文字をより詳しく考察するために、1週間を通しての出題文字と回答文字の混同行列(Confusion matrix)を作成した (表 2)。表 2 で「○」は、被験者 D, E 両方とも間違いがなかった場合を示している。被験者 D のみが間違えた場合は標準の文字スタイルで間違えた回数を数値で記入し、被験者 E のみが間違えた場合は、イタリックの文字スタイルで間違えた回数を数値で記入した。被験者 D, E 両方とも間違えた場合は、その数値を積算し、下線を付した。なお、最下段にそれぞれの文字の出題回数を示した。呈示文字をランダムに抽出したために出題回数にばらつきが生じている。

表 2 で、「ン」を「ソ」または「ツ」を「ン」と間違えた回数は、合計で9回になる。呈示回数が合計で29回だったので、誤答の割合は31.0%になる。図1で示したように「ン」と「ソ」は非常によく似た形をしているので間違えやすかったと考えられる。

「ワ」を「ク」あるいはその逆と答えた場合は、合計で4回の間違いがあった。呈示回数が23回だったので、誤答の割合は17.4%になる。図5上段左に「ワ」を上段右に「ク」を示した。また、「シ」を「ツ」あるいはその逆と答えた場合も計3回あった。これらについても「ン」を「ソ」と間違えた場合と同様に2つの文字が似ているので間違えたものと考えられる。

「ツ」を「ソ」と間違えた回数は5回であった。呈示回数が13回だったので、誤答の割合は38.5%になる。

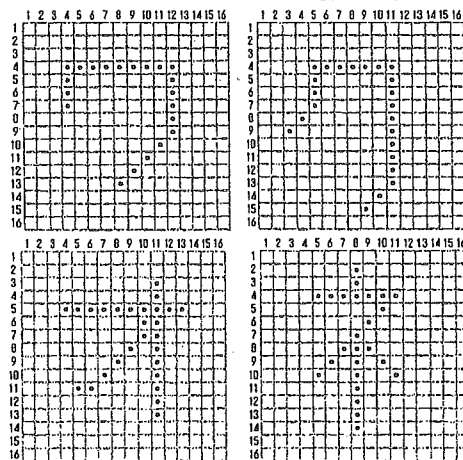


図5 フォント例 (ワ, ク, オ, ネ)

Fig5. Examples of Japanese fonts

間違えた2つの文字は良く似ている文字であるが、「ツ」は線の構成が3つで、「ソ」は2つである。このことから、全てを探索する前に3つある線を2つと勘違いし、誤認識に至ったのではないかと考えられる。

「オ」を「ネ」と間違えた回数は3回であった。呈示回数が1回だったため、誤答の割合は27.3%になる。

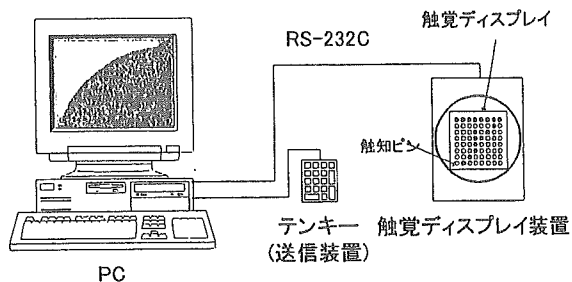


図6 テンキー入力方式実験システム

Fig6. An experimental system of a ten-key input system

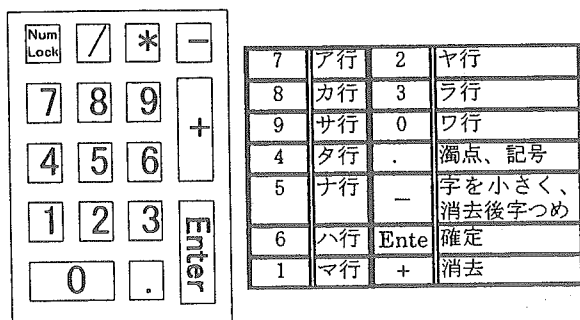


図7 テンキーの割り当て

Fig7. Assignment of ten-key

表3 被験者のメール使用頻度

Table3. Frequency in use of e-mail of the subjects

| 被験者 | B | C | D | E |
|----------|---|---|---|---|
| パソコン | ○ | ○ | × | × |
| 携帯電話のメール | ○ | ○ | △ | × |

○: よく使う △: 使う ×: 使わない

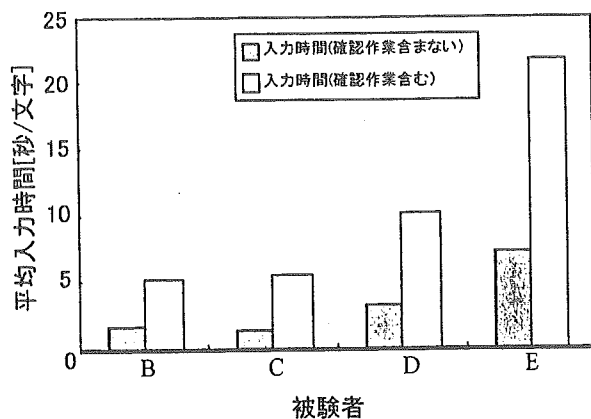


図8 テンキー入力方式評価実験結果

Fig8. Results of a ten-key input system evaluation

図5下段に「オ」を「ネ」を示す。「ツ」を「ソ」と間違えたのと同じように早とちりをして全てを探索する前に回答してしまったのではないかと考えられる。

表2の結果から、「ン」と「ソ」、「ワ」と「ク」、「シ」と「ツ」のような形が似ている文字についての混同が最も多かった。図1の例で示したように、触読に必要な時間を少なくするために、1つのポイントで「ン」と「ソ」、「シ」と「ツ」を判別できるようにフォントを作成したことが、誤読の原因になったと考えられる。形の似通った文字については、訓練の際に、これらの混同しやすい文字について集中的に訓練することが必要になると考えられる。なお、訓練を重ねても認識率の向上が見られない場合には、判別のためのポイントを増やしたフォントを用意する配慮が必要になるかもしれない。

次に「ツ」を「ソ」、「オ」を「ネ」と読み間違えたように全てを探索する前に他の文字として判断してしまう例が多くみられた。これに対しては、十分に注意して探索することを教示することにより間違いが減少するものと考えられる。

4. テンキー入力方式評価実験

前章までは、触覚ディスプレイに表示するフォントについての検討をおこない、盲ろう者が「読む」場合について検討してきたが、本章では、盲ろう者が「書く」場合(入力)について検討することとした。カナ呈示触覚ディスプレイシステムの対象者は、点字を修得していない盲ろう者なので、通常のフルキーボードや点字入力キーボード等を使用する方式ではなく、初心者でも使用可能な簡便な入力方式が必要となる。そこで、簡便な方式である携帯電話の文字入力方式を用いることとした。

4.1 実験システム(テンキー入力方式評価実験)

本実験のシステム構成を図6に示す。テンキーにより文章を入力し、触覚ディスプレイで入力内容を確認できる。キー割付を図7に示す。

4.2 実験方法(テンキー入力方式評価実験)

テンキー入力により、50文字の文章を作成することを課題とした。文章内容は被験者の自由とした。入力方法については、例えば「キ」を入力するためには、テンキーの「8」を2回押し、触覚ディスプレイで「キ」であることを確認してから「Enter」キーで確定する。文章全体の入力時間を測定し、1文字の平均入力時間を算出する。また、50文字の文章を入力後、入力文章を最初から確認し、確認作業を含んだ合計時間から1文字の平均入力時間を算出した。入力した文字の確認は、NumLock キーによりカーソル移動モードに変更しておこなった。カーソル移動モードでは「*」キーを押すと1文字進み、「/」キーを押すと1文字戻る。なお、常にカーソル位置の文字が触覚ディスプレイ上に表示される。文末から文頭に戻るための時間は測定から除外した。本

実験は1セットのみおこなった。被験者は、アイマスクと耳栓を着用した。なお、以上の操作方法の説明の他に、パソコンと携帯電話のメールを使ったことの無い被験者には、試験開始前に入力方法を学ぶために10分間の訓練を行った。表3に被験者のパソコン、携帯電話のメール使用頻度を示す。なお、被験者全員がフォント評価実験にも参加している。表1の被験者B, C, D, Eと表3のそれとは同一の被験者である。被験者は全員健常者である。

4.3 結果と考察 (テンキー入力方式評価実験)

実験結果を図8に示す。全ての被験者が課題の文章を入力することができた。被験者B, CはPC, 携帯電話のメールをともに使っていることもあり、約2秒で1文字を入力できたものと考えられる。テンキーの扱いにもう少し慣れていけば時間が短縮できるであろう。被験者Dは携帯電話のメールを使っているため、文字を打つ際に、扱う機器が変わっても大まかな位置を把握していたので、被験者Eに比べて早い結果となった。被験者Eは全く知らない機器を使用したことから、入力時間に約7秒かかると他の被験者に比べ差が生じた。

また、確認作業を含めた平均入力時間は確認しないときに比べ、2~3倍の時間がかかっている。確認作業を含む時間を短縮するために、文章校正機能を付加し、間違っている箇所を知らせるようにすれば改善できるのではないかと考えられる。

テンキー入力実験システムの操作面で、NumLockによるカーソル移動モードの切り替えがわかりにくいという意見が挙げられた。独立したカーソル移動用のキーが必要であることが示唆された。

本実験の方式により文章を入力することが可能であることが確認された。本研究が主に対象としているのは、中途障害の盲ろう者であるため、被験者Eのようにパソコン・携帯電話での電子メール利用経験がない盲ろう者が利用する可能性が十分にある。被験者Eのデータからすると、入力効率が十分とは言えないが、他の文字入力手段がない盲ろう者のための代替手段として、本実験の方式は有用であると考えられる。将来的には入力方式の改良や訓練により入力効率を向上させることも可能ではないかと考えられる。

5. カナ呈示触覚ディスプレイシステムの試作

これまでの結果をもとに、カナ呈示触覚ディスプレイシステムを試作した。図9は、カナ呈示触覚ディスプレイシステムの表示部である。同図右側が触覚ディスプレイで、評価に用いたのと同じKGS社製のグラフィックセルSC-5を4個並べた縦16×横16ドットの触覚ディスプレイとなっている。同図左は、弱視の盲ろう者が使用することを考慮したLED表示である。同様に、難聴の盲ろう者が利用することを考慮して合成音声で文字を読

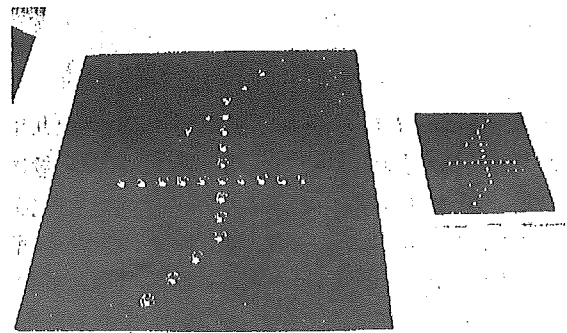


図9 カナ呈示触覚ディスプレイシステムの表示部
Fig9. A display of a tactile display system

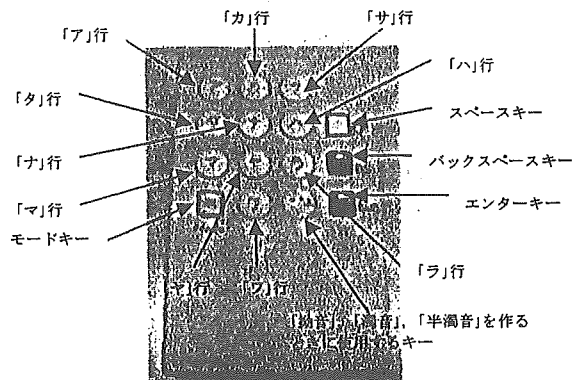


図10 カナ呈示触覚ディスプレイシステムの文字入力部
Fig10. An input device of a tactile display system

み上げる機能も兼ね備えた。図10は、文字入力部である。カナ呈示触覚ディスプレイシステムは、表示部、文字入力部、パソコンから構成され、文章を入力・確認・編集することができる。

なお、現在は、スクリーンリーダー(視覚障害者用音声読み上げソフト)の一つであるWinVoice(ニューブレイルシステム社)の点字出力機能をカナ呈示触覚ディスプレイシステムに表示するための研究^[31]をおこなっているところである。全盲・全聾で点字を修得していなかった盲ろう者は、これまでパソコンを使用することができなかったが、この研究の進展によりWindowsパソコンを操作できるようになることを今後の研究目標としている。

6. まとめ

点字を修得していない盲ろう者が利用可能な触覚ディスプレイシステムを開発することを目的として研究をおこなった。初めに、触覚ディスプレイ用のフォントを作成し、その評価をおこなったが、その結果、最も正解率の低い被験者で80%であった。学習効果評価実験では、最も正解率の低かった被験者で学習効果が確認され、訓練で考慮すべき間違えやすい文字の組合せがいくつか得られた。次にテンキー入力方式を評価し、十分に効率的とは言えないが初心者でも文字入力が可能であることが確認された。以上の結果をもとにカナ呈示用触覚ディス

プレイシステムを試作した。

謝辞

本研究を進めるにあたりご指導・ご助言を頂いた九州工業大学生命体工学研究科助教授和田親宗氏, NHK 放送技術研究所研究員坂井忠裕氏に感謝致します。本研究を進めるにあたりご協力頂いた東京電機大学大学院理工学研究科山本康平氏, 貞包敦史氏, 竹内恭彦氏 (現: 日本 HP), 吉成瑞穂氏 (現: 三菱プレジジョン) をはじめとする学生諸氏に感謝致します。本研究を進めるにあたりご助言・ご協力を頂いた榎本悠起枝氏, 実験にご協力頂いた被験者及び通訳者の方々に感謝致します。

参考文献

- [1] 福島智: 盲ろう者とノーマライゼーション; 明石書店 (1997).
- [2] 坂尻正次, 岡田伸一, 吉成瑞穂, 貞包敦史, 山本康平, 富田英雄, 和田親宗, 伊福部達: 多様な障害特性に応じた盲ろう者コミュニケーション支援機器の開発; ヒューマンインタフェースシンポジウム 2002 講演論文集, pp.427-430 (2002).
- [3] 坂尻正次, 吉成瑞穂: 「視覚と聴覚の重複障害者の就労を支援するためのコミュニケーション支援機器の研究」報告書; 障害者職業総合センター調査研究報告書 No.46 (2002).
- [4] Norton J., Schultz C., Reed M., Braida D., Durlach I., Rabinowitz M., Chomsky C.: Analytic study of the Tadoma method: Background and preliminary results; J Speech Hear Res 20, pp.574-595 (1977).
- [5] 寺島彰: 平成 12 年度厚生科学研究費補助金「盲ろう者に対する障害者施策のあり方に関する研究」報告書; 国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所 (2001).
- [6] Belanich J.: Increasing Independence and Freedom with High Tech Aids and Devices; American Rehabilitation, Vol.21, NO.2, pp.15-18 (1995).
- [7] Belanich J., Gelvar S.: Adaptive Technology for Individuals Who are Deaf-blind; Journal of Vocational Rehabilitation, Vol.6, pp.167-174 (1996).
- [8] Huebner K., Prikett J., Welch T., Elga J.: Hand in Hand: essentials of communication and orientation and mobility for your students who are deaf-blind; AFB Press (1999).
- [9] Wada C., Shoji H., Ifukube T.: Development and evaluation of tactile display for a tactile vocoder; Technology and Disability, Vol.11, No.3, pp.151-159 (1999).
- [10] 和田親宗, 井野秀一, 伊福部達: 高度難聴者用タクトイルボコーダーにおける音声スペクトルのスウィープ表示方式の提案と評価; 電子情報通信学会論文誌 A 分冊, pp.305-313 (1995).
- [11] 伊藤和幸, 数藤康雄, 小田浩一: 盲ろう者を対象とした触読パターン印刷用三次元レーザ・プリンタ; 第 14 回リハ工学カンファレンス講演論文集, pp.539-542 (1999).
- [12] Itoh K., Oda K., Sudoh Y., Osada H.: Development of a 3D laser printer to produce arbitrary tactile patterns; Technology and Disability, Vol.11, No.3, pp.161-167 (1999).
- [13] 坂井忠裕, 石原達哉, 伊藤崇之, 磯野春雄: 振動刺激による触覚イメージの検討—視覚障害者用情報受信端末の状態伝達への適用—; 映像情報メディア学会, vol.55, No.11, pp.1506-1514 (2001).
- [14] 中司正輝, 信太克規: 重度障害者のための電気刺激を用いた指点字; 第 24 回感覚代行シンポジウム講演論文集: 121-124, 1998.
- [15] 坂尻正次, 岡田伸一, 竹内恭彦, 富田英雄, 和田親宗: 振動を用いた指点字表示方式による盲ろう者用コミュニケーション支援機器の開発; 信学技報 HCS99-2, pp.11-18 (1999).
- [16] 星野俊行, 大竹勉, 米澤義道: 指の加速度信号を用いた指点字入力システムの検討; 信学論 (A), vol.J85A, No.3, pp.380-388 (2002).
- [17] 菅野恒雄, 永野秀浩, 足原修, 長橋宏: 振動モーターによる盲ろう者のためのコミュニケーションエイド; 電子情報通信学会論文誌 A, Vol.J80-A, No.9, pp.1509-1516 (1997).
- [18] 上原信人, 吉田浩司, 長嶋祐二: 携帯型指点字入出力機構の改善; 信学技報 WIT2001-48, pp.31-36 (2002).
- [19] 宮城愛美, 藤森祐司, 堀内康雄, 市川薫: 指点字のプロソディの分析; ヒューマンインタフェース学会論文誌 Vol.1, No.4, pp.512-519 (1999).
- [20] Kenshalo D.: Somesthetic Sensitivity In Young and Elderly Humans; Journal of Gerontology, Vol.41, No.6, pp.732-742 (1986).
- [21] Stevens J.: Aging and Spatial Acuity of Touch; Journal of Gerontology, Vol.47, No.1, pp.35-40 (1992).
- [22] 和氣洋美, 和氣典二: 触覚による文字認識に及ぼす加齢効果; 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集, Vol. B, No.97-22, pp.699-700 (1997).
- [23] 井上道子, 香川邦生: 中途失明者の点字触読と加齢との関係; 日本特殊教育学会第 35 回大会講演論文集, pp.16-17 (1997).
- [24] 小田浩一, 原田尚子: 触覚の読み取りに適したフォント; 第 25 回感覚代行シンポジウム発表論文集, pp.113-116 (1999).

- [25] Steer M.: Moon Code: A Valuable Supplement to Your Communication Arsenal; Deaf-Blind perspectives, Vol.7, Issue3, pp.8-10 (2000).
- [26] 市川宏, 大頭仁, 鳥居修晃, 和氣典二: 視覚代行とその代行技術, 名古屋大学出版 (1984).
- [27] 清水豊, 和氣典二: 感覚代行のための一筆書きによる文字の触認識; 人間工学, Vol.19, pp.91-97 (1983).
- [28] 森佐知子, 佐々木忠之: 触覚における仮想現実感を利用した盲人用触覚ディスプレイの研究; 第19回感覚代行シンポジウム講演論文集, pp.119-122 (1993).
- [29] 小林真, 渡辺哲也: 触覚ディスプレイを用いた電子レーザーライターの盲教育利用; 信学技報 ET2000-90, pp.1-6 (2001).
- [30] 渡辺哲也, 小林真: 視覚障害者用電子レーザーライターの試作; 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 Vol.7, No.1, pp.87-94 (2002).
- [31] 伊藤和幸, 坂井忠裕, 坂尻正次: 点字の習得が困難な盲ろう者向けパソコン利用支援機器について; 信学技報, WIT2002-74, pp.25-28 (2003).

(2003年5月1日受付, 8月8日再受付)

著者紹介

坂尻 正次



1993年北海道大学大学院工学研究科(生体工学専攻)修士課程修了。現在, 障害者職業総合センター研究員。主に, 盲ろう者・視覚障害者を対象にした障害者用支援機器の研究開発に従事。電子情報通信学会, 生活支援工学会, 日本職業リハビリテーション学会, リハビリテーション工学協会, 視覚障害リハビリテーション協会などの会員。

伊藤 和幸 (正会員)



会士学会などの会員

1991年北海道大学大学院工学研究科(生体工学専攻)修士課程修了。現在, 国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所福祉機器開発部に勤務。身体障害者用のコミュニケーション機器の研究・開発に従事。電子情報通信学会, ヒューマンインタフェ

岡田 伸一



員。

1974年慶應義塾大学経済学研究科修士課程修了。現在, 障害者職業総合センター主任研究員。主に, 視覚障害者用情報機器の研究に従事。日本職業リハビリテーション学会, 視覚障害リハビリテーション協会, 日本特殊教育学会, 日本ロービジョン学会

富田 英雄



1966年東京電機大学工学部一部電気工学科卒業。同年4月上智大学理工学部電気電子工学科助手。1982年米国テキサス大学アーリントン校客員研究員, 同年工学博士(東京工業大学), 1983年神奈川工科大学工学部電気工学科講師を経て助教授。1986年東京電機大学理工学部応用電子工学科助教授を経て教授, 同大学院教授となり現在に至る。1996年オランダ・ツベンテ大学客員。1993年放送大学客員教授。専門分野は, パワーエレクトロニクス, メカトロニクス, リハビリテーション工学で, 産業と福祉に役立つ電子機器とコンピュータ応用機器の研究開発を柱とし, 産業電子応用機器の研究開発(各種電磁誘導応用機器), リハビリテーション評価訓練システムの研究開発(コンピュータ応用), 福祉機器の研究開発(盲ろう者コミュニケーション支援機器)等の研究に従事。

伊福部 達 (正会員)



1971年北海道大学大学院工学研究科(電子工学)修士課程修了, 北大・応用電気研究所・メディカルエレクトロニクス部門助手。1977年同研究所・感覚情報工学部門助教授(工学博士)。1984年米国スタンフォード大学・客員助教授(在外研究員)。1989年北大・応用電気研究所・メディカルエレクトロニクス部門教授。2002年 東京大学先端科学技術研究センター教授。約30年にわたり, ヒトの感覚生理学・音響心理物理学に関する基礎研究に基づき, 各種バリアフリー機器の開発を行うとともに, 得られた知見や技術をバーチャルリアリティやロボットなどのヒューマンインタフェースへ応用するという, 基礎研究-福祉工学-応用研究がループを描いて発展させる新しい学問分野を拓いた。現在, 東大・先端研でバリアフリープロジェクトおよび五感情報通信プロジェクト(通称)を進めている。日本ME学会研究奨励賞, 科学技術庁注目発明賞「抑揚の付く電気人工喉頭」, さくら中小企業優秀賞, 発明協会奨励賞, 電子情報通信学会フェロー受賞「情報バリアフリー支援のための福祉工学の開拓と産業応用への貢献」などを受賞。音声タイプライタの設計(CQ出版, 単著), 音の福祉工学(コロナ社, 単著), 人工現実感の評価(培風館, 編著)等を著作。音響学会, 音声言語医学会,

ME学会, 耳鼻咽喉科学学会, 人工臓器学会, バーチャルリアリティ学会, ロボット学会, ヒューマンインタフェース学会など, 約20学会の理事・評議員を務める。

カタカナ呈示による点字利用が困難な 盲ろう者向けパソコン利用支援機器

国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所 伊藤 和幸

1. 開発目的

点字の習得が困難な盲ろう者（視・聴覚重複障害者、国内で推定2万人）のパソコン利用を支援する機器を紹介する。盲ろうとは、視覚と聴覚の重複障害であり、外界からの視覚・聴覚情報がほとんど入らないため、情報の取得は触覚情報に頼らざるを得ない。現状で視覚障害者向けに提供されているパソコン利用支援システムではスクリーンリーダーによる音声・点字出力が整備されているが、高齢時の受傷や聴覚障害が先行し点字を習得する機会がなかった場合には点字の習得が困難であるため、代替手段を提供する必要がある。盲ろう者のコミュニケーション手段は様々で、指点字（盲ろう者の指の上に話し手の指を重ねて置き、点字タイプライターを打つ要領で揖指を押す方法）、触手話（話し手の手話を盲ろう者が触って読み取る方法）、手書き文字（盲ろう者の手や背中にかな文字を書き内容を伝える方法）等があるが、本支援機器では、習得にさほど訓練を要しないと思われるカタカナ呈示法を情報呈示手段とした。

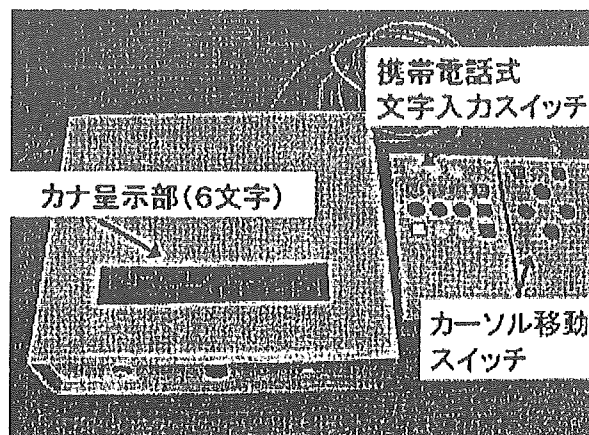
2. 支援機器の概要

支援機器は、点字の代わりに文字そのものの形を触覚ディスプレイに表示し、それらを触読してパソコンの操作内容を理解する方式を採用している。ディスプレイへの出力には市販のWindows用スクリーンリーダー（WinVoice：ニュー・ブレイル・システム㈱）をカナ呈示用に改良し、触読対象が点字から触覚ディスプレイ上のカタカナ文字へ代替されたと考えればよい。触覚ディスプレイは、KGS社製のピンディスプレイSC-10（1セル32×12ピン、ピン間隔2.4mmピッチ）を利用し、離散的な点の集合としてカタカナを表現する。カナ呈示部にはセルを2つ利用して、6文字分（1文字12×10ドット、約25mm四方、写真では動作確認用に8文字分呈示している）を呈示する。カタカナのドット

ト表現は、盲ろう者の意見を参考に「ツ」と「シ」、「ソ」と「ン」など混同しやすい文字には特徴点を付け作成した。スクリーンリーダーの出力をカタカナ呈示に利用するため、本支援機器は標準のMS-Windows環境で動作し、操作に対する視覚的な出力情報が全てカタカナ呈示される。具体的には、スタートボタンを押すと、触覚ディスプレイにはカタカナ文字の形で「スタート」と表示され、続いて「P」キーを押すと、「Program」と表示されるので、それらを触読して操作内容を確認することができる。

文字入力、携帯電話入力方式で候補を呈示し確定操作で文字入力を行うキーボード代替機能をカナ呈示機に内蔵して行う。キーボード代替機能はUSB経由でパソコンに接続するため、標準キーボードからの入力操作と平行して行うことが可能である。操作方法は、「あ」行に対する外部キーを2回押すと「イ」が、「た」行に対する外部キーを5回押すと「ト」が入力候補として呈示されるので、確定用の外部キーを押すとその文字がパソコンに入力される方式である。また、使用頻度の高い「Enter」「Back Space」「Space」キーは独立して外部キーに備えており、これらのキーを1回押すとそれぞれの機能がパソコン操作に反映される。

本研究は、厚生科学研究補助金（感覚器障害研究）による補助を受けて実施した。



透明文字盤 Etran 方式の PC 利用による代替について

伊藤 和幸[†] 山本 智子^{††}

[†] 国立身体障害者リハビリテーションセンター 研究所

^{††} 狭山神経内科病院

〒359-8555 埼玉県所沢市並木 4-1

Tel 042-995-3100, Fax 042-995-3132

E-mail: [†] ito@rehab.go.jp

あらまし 重度障害者が意思伝達を行う方法の一つに、透明なアクリル板や塩ビ板を用いた透明文字盤の利用がある。この方法は、介護者が障害者と透明文字盤をはさんで対面し、障害者が順次見つめる透明文字盤上の文字を介護者が透明文字盤の裏から推測して、意思の伝達を行うものである（EyeLink 方式と Etran 方式がある）。透明文字盤の利用は、視線を利用した意思伝達環境の中では安価で手軽であるが、意思伝達内容をメモ書きしなければならない等のデメリットも持ち合わせている。本報告では Etran 方式をパソコンで代用し、文章の保存や編集機能を追加して意思伝達環境を高機能化したのでその内容について発表する。

キーワード 重度肢体不自由者, 支援機器, 視線, 透明文字盤, Etran, EyeLink

Emulate of Etran type Kana Board by use of PC

Kazuyuki ITOH[†] Tomoko YAMAMOTO^{††}

[†] Research Institute, National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities (NRCPD)

^{††} Sayama Neurology Hospital

4-1 Namiki, Tokorozawa-shi, Saitama, 359-8555 Japan

Tel 04-2995-3100, Fax 04-2995-3132

E-mail: [†] ito@rehab.go.jp

Abstract An acrylic transparent Kana board is used when a person with severe physical disabilities communicate with caregiver. As for this method, a transparent Kana board is placed between caregiver and patient, and caregiver supposes letters on the transparent Kana board which patient gazes at sequentially (there are an EyeLink and an Etran method). Transparent Kana board is cheapest and simplest in the communication device that used eye movements, but it has some demerits that caregiver must write a memo for example. In this report, we describe about emulating of Etran method by use of PC. The PC system utilize video capture device to suppose patient's gazing letter.

Keyword Transparent Kana board, Assistive Technology, Etran, EyeLink

1. はじめに

ALS 患者や筋ジストロフィー患者などの重度障害者が介護者などとコミュニケーションをとる方法の一つに、透明なアクリル板や塩ビ版を使用した透明文字盤の利用がある。この方法は、透明文字盤には 50 音表や単語（テレビ, 吸引（痰の吸引）, 体交（体位交換）など）を記入し、介護者が障害者と透明文字盤をはさんで対面して、障害者が順次見つめる透明文字盤上の

文字や単語を介護者が推測して意思の伝達を行うものである。視線の読み取りにはある程度の慣れが必要であるものの、障害者の様子（表情や目の様子）を見ながら作業を行うため、単純な文章作成作業という意味だけでなく、意思を伝達するというコミュニケーションの本質を実感できる方法でもある。

障害者の視線を利用して直接的に文字を選択していく方法は、50 音の文字盤を利用した走査式 [1]-[2]

(文字盤上の文字を介護者が指し示すか読み上げ、望みの箇所まで障害者が合図することで1文字を確定する方法)よりも効率の良い意思伝達が可能である。また、アクリル板のコストは数千円程度であり、意思伝達を行いたい際に透明文字盤を用意するだけなので複雑なセッティングが不要となる、というメリットもある。また、コミュニケーション場面により(文章の作成、定型句の選択等)、適宜文字盤を変えることで障害者の目的に即したコミュニケーション環境を素早く整えられるというメリットもある。

一方、デメリットとしては長い文章を作成したい場合には選択した文字を介護者が記憶するか、メモ書きして保存する必要があることである。さらに、一度作成した文章を後日編集したい場合には、ワープロなどに保存しておく作業も必要となる。つまり、透明文字盤はその場限りの短い意思伝達には有効であるものの、長い文章の作成や編集機能に関しては機能不足であることを否めない。

本報告では、この編集機能を補うためにパーソナル・コンピュータ(以下、パソコン)を利用し、USBカメラを利用したビデオキャプチャにより画面上に障害者の目の画像を表示して、視線を読み取ることでできるEtran形式のシステムを開発したのでその内容について記述する。

2. 透明文字盤を利用した意思伝達方法

障害者に発声機能があれば音声によるコミュニケーションを行うことが基本であるが、発音が不明瞭になったり気管切開で発声できない場合には代替手段の検討が必要となる。透明文字盤の利用も意思伝達の手段であり、障害者のニーズ(意思の伝達、パソコンの利用など)や、介護状況などにより最適なものを選択することが重要である。

透明文字盤を利用し視線の方向で意思を伝える方法には、EyeLinkとEtranと呼ばれる方式がある[3]-[4]。EyeLink方式は障害者の見つめる文字と介護者の視線が一直線になるように(お互いに見つめあう: eye contact)、間にある透明文字盤を動かす方法で、図1のように障害者の意図する文字や単語・シンボルが目と目を結ぶ線上に移動してくると、次第に文字の向こう側に正面向きの相手の目が見えることになる。Etran方式は障害者の視線方向を利用する方法で、図2のように中央部を空白とした透明文字盤の周辺に選択肢を配置し、障害者の見つめる選択肢を介護者が推測していく方法である。文字を選択する場合、日本語であれば46音の清音、濁点、半濁点、長音記号などの選択肢が必要で、全てを表示すると視線方向がどの文字を示しているかが判断しづらい。そこで、EyeLink形式

では文字盤を大きくして1文字分の範囲を大きくするなどの工夫が必要となる。Etran形式では、文字の配置を上下左右に斜め方向を加えた8方向などとし、最初に「あかさたな」(子音)を選択してから、母音を選択するなど、2段階で1文字を選択する方法が採用されている。母音の位置は予め決めておき(例えば図2内の○位置)、最初に選択した子音に合わせて介護者が母音を読み上げる方法を採用する。

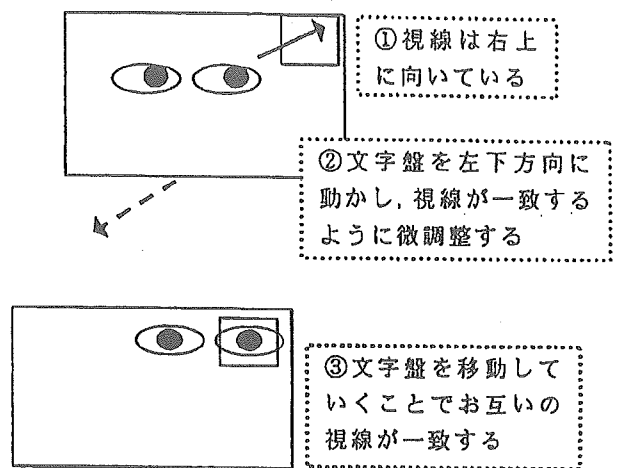


図1 EyeLink形式の目の動き

Fig.1 Eye movement in EyeLink method

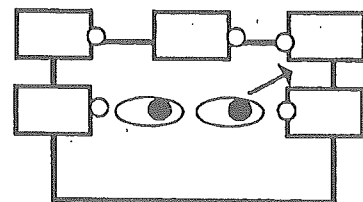


図2 Etran形式の目の動き(○は母音位置)

Fig.2 Eye movement in Etran method

障害者の目の動かし方と介護者の読み取り方は以下のようなになる。

EyeLink形式:

- 1 障害者: 選択したい箇所を見る。
介護者: 障害者の視線と自分の視線が一直線になるように文字盤をゆっくり動かす。
- 2 介護者: 障害者が見ていると思われる箇所を読み上げる。
障害者: 介護者の読み上げた箇所が合っていれば何らかの合図をして、次の文字を見る。
- 3 読み取られた箇所が違う場合
障害者: 選択したい文字を見続ける
介護者: 障害者の合図がない場合には、文字盤の位置を少しずつずらして視線を再度確かめる。

Etran 形式：

- 1 障害者：選択したい箇所を見る。
介護者：障害者が見ていると思われる箇所を読み上げる。
- 2 障害者：介護者の読み上げた箇所が合っていれば何らかの合図をして、次の文字を見る。

Etran 形式では、選択したい箇所が分かりにくい場合には、障害者とその箇所の更に外側へ視線を移動させると視線の向きがはっきりするので読み取りが容易になる。または、介護者が視線方向付近の箇所を幾つか読み上げ、望みの選択肢が読み上げられた時に合図を送ることで目的の箇所を特定することができる。

3. パソコンを利用した Etran 形式の代替

パソコンを利用し、ビデオキャプチャした画像を画面上に表示させることで前述の方法のうち Etran 形式を代替することが可能となる。具体的には、眼球付近の画像をビデオキャプチャし、反転させた上で画面の中央に表示させるアプリケーションを作成する。選択する文字は画面の周辺に配置しておく。障害者は画面上に配置された文字を見つめ、介護者は画面中央に表示された目の向きを推測し、障害者が画面上のどの文字を見つめているかを読み取る、という方法となる。透明文字盤を利用する場合には障害者と介護者が対面していたが、介護者は障害者の脇に位置して障害者と介護者は同じ方向を向くことになる。

図3は透明文字盤を利用した場合の視線方向を表示したものであり、左が障害者側から見たもの、右は介護者側から見たものである。介護者側から見ると文字は裏側から見ることになる。

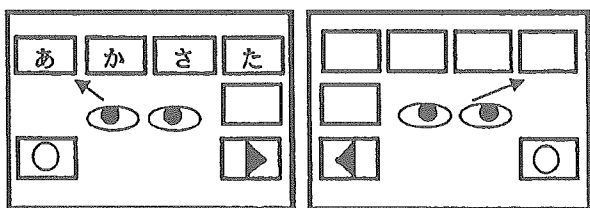


図3 障害者側 介護側から見た様子
Fig.3 Line of eye on transparent Kana board

図4はパソコンを利用した場合の表示内容であり、起動しているアプリケーションは片目付近の画像をビデオキャプチャし画面中央に反転して表示する。眼球付近の画像を反転表示することで文字の位置と視線方向が一致し、透明文字盤を挟んで障害者と対面しなくても視線方向を推測することができる。介護者はマウスを使用して画面周囲に配置した文字上にカーソル(文字を囲む枠)を移動させ、介護者が判断している文字がどの文字であるかを障害者にフィードバックす

る。障害者は望みの文字がカーソルで囲まれていれば目を閉じる等のOKの合図を出せばよい。子音の選択後、周囲の文字は母音表示に換え、再度障害者に望みの文字を見つめてもらい、最終的に1文字が決定する。

アプリケーションでは、子音とその後の母音の選択は全て左クリックで行い、確定された文字が画面下部のワープロエリアに入力される。ビデオキャプチャ機能で目の画像を反転表示するとともに、文字編集機能(簡易テキストエディタ)によりアプリケーション上で選択した編集キー(漢字やカタカナへの変換、カーソルの移動、文字削除)を選択することで文字編集が可能となっている。簡易テキストエディタはキーボードからの直接操作も可能である。

文書の保存や読み込み、新規作成を行うことも可能であるが、メニュー操作中には文字盤が隠れるため、ファイル名などは予め打ち合わせる必要がある。

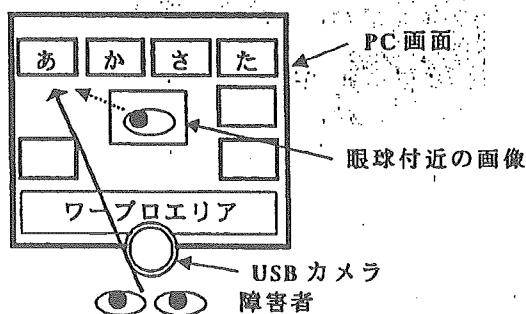


図4 PC版 Etran 画面

Fig.4 Etran screen on PC

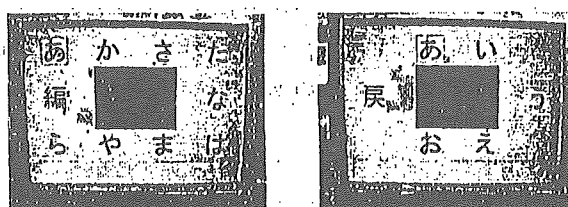


図5 子音「あ」の選択(左)と選択後の母音の表示(右) (「あ」の選択場面)

Fig.5 1st(consonant) and 2nd(vowel) screen on PC

システムはノート型の Windows パソコン(OSは Windows XP, Visual C++によりアプリケーションを作成)と USB カメラで構成され、短時間の利用であればバッテリー駆動により電源ケーブルが必要となり、コンパクトな構成となっている(図6, 図7)。USBカメラは眼球付近の画像を拡大撮影する必要があることから Web 用の広角カメラではなく、望遠レンズや接写リングの選択が可能な Cマウントタイプ(例: Argo, Lu055M-10)のものを利用した。適切な保持具が用意で

ければ、カメラと小型ノートパソコンか液晶モニターをベッド上に設置して仰向けのままでも利用が可能となる。

可能な透明文字盤の工夫，第16回リハ工学カンファレンス講演論文集，Vol.16,pp.105-108, Aug. 2001

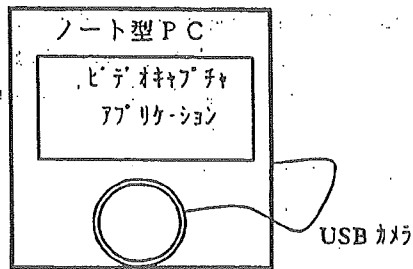


図6 システム構成図

Fig.6 System configuration

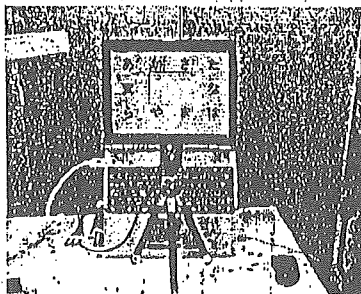


図7 システムの概観

Fig.7 General system view

4. まとめ

PCを利用し簡易な構成でEtran形式の透明文字盤を代替できるシステムを開発した。コスト的にはアクリル製透明文字盤の利用に勝ることはないが、透明文字盤の持つ欠点を補う機能が実現できたと考えられる。今後、臨床現場で評価を行い本システムに不足する機能を検証し、より実用性のあるものへと改善していきたいと考えている。

文 献

- [1] 数藤康雄，“コミュニケーション機器調査研究報告書”，テクノエイド協会，1991
- [2] 小澤邦昭，安藤研吾，松田泰昌，長谷川司，岡高志，安藤肇夫，植野一政，古和久幸，長谷川一子，齋藤豊和，“ALS患者向け意志伝達装置「伝の心」の開発”第12回リハ工学カンファレンス講演論文集，pp.91-96, Aug.1997
- [3] 山本智子，“視線コミュニケーションの基礎 EyeGazeで文字を伝える EtranとeyeLink”，ATACカンファレンス2001テキスト，pp.26-27,Nov. 2001
- [4] 山本智子，眼球運動が障害されたALS患者が使用

重度身障者のための1ボタン自然言語入力システムに向けて

田中久美子[†] 伊藤和幸^{††}

[†] 東京大学情報基盤センター 〒113 文京区本郷 7-3-1

^{††} 国立身体障害者リハビリテーションセンター 〒359-8555 埼玉県所沢市並木4丁目1番地

E-mail: [†]kumiko@r.dl.itc.u-tokyo.ac.jp, ^{††}ito@rehab.go.jp

あらまし 本稿では、モールス信号に基づく重度身障者のための1ボタン入力システムを報告する。単なるモールスコードに基づく入力システムに、単語の予測を導入し、さらに予測された単語候補のうち、候補選択により入力時間を削減しないものの刈り込みを行なったところ、入力効率の大きな向上が見られた。

キーワード 入力システム、モールス符号

Towards An Entry System For the Seriously Impaired

Kumiko TANAKA-ISHII[†] and Kazuyuki ITOH^{††}

[†] Information Technology Center, 7-3-1, Hongo, Bunkyo, Tokyo, 113 Japan

^{††} National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities, 1, Namiki 4-chome, Tokorozawa Saitama, 359-8555, Japan.

E-mail: [†]kumiko@r.dl.itc.u-tokyo.ac.jp, ^{††}ito@rehab.go.jp

Abstract We empirically demonstrate the efficacy of predictive text entry in a new context: the input of Morse code with a single key. Further, we present a new method of pruning, that outperforms simple text prediction. Our overall motivation is contributing to the development of efficient entry systems for the seriously disabled, but we also draw general conclusions with much wider implications.

Key words Text Entry System

1. はじめに

計算機技術は、健常者だけでなく、身障者の環境をも大きく変化させている。一般に、身障者の環境を改善する問題は、健常者用のそれよりも大きな制約があるため、難しいことが多い。しかし、それを解くことにより、身障者だけでなく、健常者の問題に対して新たな提言を与えることがある。本稿では、1ボタン入力という極度に制限された状況下での入力を考えることにより得た、一つのユニバーサルな技術となりうる言語処理例を示す。

本稿の問題は、1つのボタンだけを用いた入力である。このようなシステムは、身障者の中でも ALS 患者や、頸椎損傷を負った患者により実際に使われている。これまでも、国立身体障害者リハビリテーションセンターでの研究 [2] や、台湾 [4]、他に米国での研究も見られる。既存の研究では、モールスコードを用いたものがほとんどであるが、未だ予測入力は導入され

ておらず、ユーザは長い単語であっても最後までモールスコードを用いて入力しきらなければいけないという問題があった。そこで、本稿では既存の研究に、

- 予測入力機能を付け加え、
- 候補選択により入力時間が短縮されないものを刈り込む工夫を行なった。実際に英語に関してこのようなシステムを実装し、どの程度の入力効率の向上が見られるかを検証した。

2. システム概要

1ボタンで入力を行なうには、まずは1ボタンの出力を、言語のアルファベットなどに何らかの方法で展開する必要がある。その方法はさまざまに提案されているが、本稿では過去の多く試みと同様、モールスコードを用いるものとした。モールスコードはアルファベットの単純な文字頻度をもとに作られている。とはいえ、今でも無線通信において事実上の標準として使われている上、プロの入力は1分間あたり25単語と高速な

表 1 モールスコードにおける入力の意味

| 時間 | 入力 | 間 |
|--------|-----|-----|
| 1 ユニット | 。 | 入力間 |
| 3 ユニット | — | 文字間 |
| 7 ユニット | 未定義 | 単語間 |

表 2 モールスコードによるアルファベット

| char | code | char | code |
|------|--------|------|--------|
| A | 。— | N | —。 |
| B | —。。。 | O | — — — |
| C | —。—。 | P | 。— —。 |
| D | —。。。 | Q | — — —。 |
| E | 。— | R | 。—。 |
| F | 。。。— | S | 。。。。 |
| G | — —。 | T | — |
| H | 。。。。 | U | 。。。— |
| I | 。。 | V | 。。。— |
| J | 。— — — | W | 。— — |
| K | —。— | X | —。— — |
| L | 。—。。 | Y | —。— — |
| M | — — | Z | — —。。 |

入力を可能とすることから、本入力においてもこれを基本とした。

モールスコードを用いた入力は、ボタンを異なる長さで押し分けることにより行なわれる。入力は最短の長さを1ユニットとすると、3ユニット分の長さで7ユニット分の長さが定義されており、その長さ分の入力と間(入力しないこと)それぞれに意味付けが行なわれている(表1参照)。通常のアルファベットの入力には、3ユニット分の長(本稿では—として記述)と短(。)を表2の表にしたがって押し分けることにより行なわれる。「間」に対する意味付けとしては、入力間には最低1ユニット分の間を空ける必要があるし、3ユニット分の間を空けると文字間の間、7ユニット分の間を空けると、単語間の間と解釈される。たとえば、「SOS」の入力は、

- 。(休み1)。(休み1)。(休み3)
- (休み1)—(休み1)—(休み3)
- 。(休み1)。(休み1)。(休み7)

と入力する。以上はモールスコード上の定義である。

図1に、Java言語で実装された本入力システムのGUIを示す。下方のPressボタンを押すことにより入力が行なわれ、結果のテキストが上方の文書ボックスに、中央の候補ボックスにはユーザが選択可能なコマンドが、下方横長の窓(Pressボタンのすぐ上)には、現在ユーザが入力したモールスコードが表示される。左図においては、すでに“The human communications”という文章が入力された状態を示す。通常は、コマンドモードとなっており、候補ボックスにはコマンドが表示されている。ユーザは、ここで“revolution”の入力を行なうものとする。

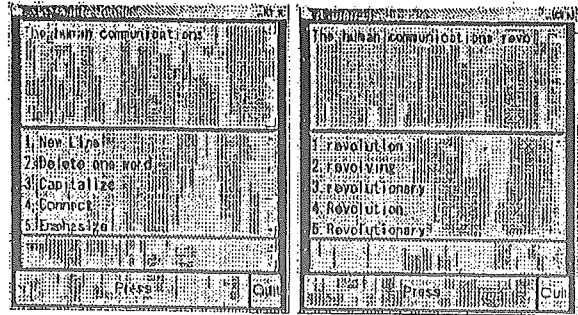


図1 システムのGUI. コマンドモードと、補完モード

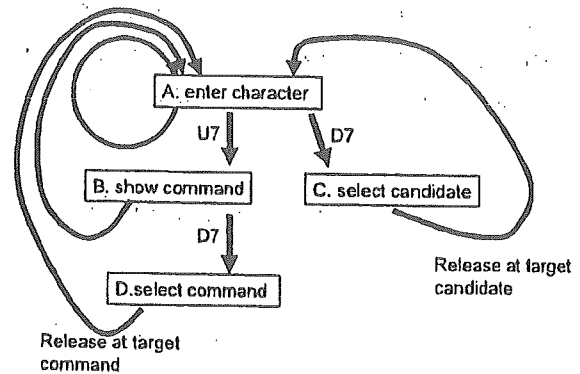


図2 システムにおけるモード変化

表2にしたがって、アルファベットの入力を“revo”まで行なったところの図が右図である。候補ボックスには目的の候補が1位に挙がっている。このように、本システムでは、単語のprefix部分を入力すると単語全体が候補として挙がる予測を用いて入力を行なう。

候補ボックスから望みの候補を選択するには、ユニット7の長さでpressボタンを長押しする。すると、候補ボックスの候補のハイライトが始まり、一定の速さで候補を走査する。ハイライトされているときに、ボタンを放すと、その候補が入力される。

このやり方は、左の画面で、コマンドを選ぶことにおいても同様である。左の図でPressボタンを7ユニットの長さで押し、候補ボックスのNew Lineコマンドがハイライトされる。さらに押しつづけると、つぎつぎにコマンドがハイライトされる。目的のコマンドのところではPressボタンを放すと、そのコマンドが実行される。モードを切り替えを7ユニットで押しつづけることにより行なうことは、それがもともとのモールスコード上で未定義であったことを利用している(表1参照)。

ボタンを押すことによって、どのようにモードが変化するかを図示したのが、図2である。D7は7ユニット分ボタンを押している状態、U7は7ユニット分ボタンを放している状態を表している。一般に、モードには選択モードと、入力モードの二つがあり、通常は入力モードとなっている。選択モードに切り替えるには、Pressボタンを7ユニット以上押しつづけて

る。選択モードから入力モードへは、候補ボックスから選択が行なわれると自動的に入力モードへと切り替わる。

本予測入力システムの特徴は、辞書にない単語であっても、入力が可能である点である。というのも、モールス信号で文字を入力することは、常に可能であるからである。一般に辞書にない単語をいかに入力するかという点は、予測入力やかな漢字変換においては最大の論点となるため、本システムはこの点が一つの利点となっている。とはいえ、特に長い単語などは予測を用いた方が入力の効率を向上させられる可能性があるし、本稿では重度身障者を対象としているため、予測を用いることによる効果が期待される。以下では予測の効果を確かめる。

3. 予測入力

3.1 基本モデル

予測では一般に入力 S に対して最大の条件付確率を与える語 W を最良の候補とする。

$$\operatorname{argmax}_W P(W|S) = \operatorname{argmax}_W P(S|W)P(W) \quad (1)$$

$P(S|W)$ は入力誤りがないと仮定すると 1.0 となるため、結局 $P(W)$ 、すなわち言語モデルが候補の良し悪しを決定する。 $P(W)$ の予測についてはさまざまなものがあり、単純な頻度から、高次の n -gram を利用するもの、動的に n -gram を推定する PPM を利用するもの、品詞列を利用した HMM を用いるものなどさまざまなものが提案されている。

本稿では、最も単純な頻度によるモデルを用いる。というのも、つぎに述べる刈り込みを論じるには、高次のモデルよりは、単純なモデルの方がそのふるまいが明確であるからである。とはいえ、次章で述べる刈り込みは、高次の言語モデルを用いたとしても併用できるものである。

3.2 候補の刈り込み

刈り込みによる工夫の基本アイデアは [3] に述べられているものである。一般に入力においては、それぞれの候補の入力にかかる時間は異なる。たとえば、"sh" が入力済みで、she, shy, should を入力したい場合について考えてみる。she の場合には、e を入力するためには、1 ユニット (e の入力分) しかかからない。一方で、候補から選択する場合には、モードの切り替えだけで最低 7 ユニットかかってしまう。したがって、she については、ユーザが e を直接入力してしまった方が早いことになる。

一方、shy であるが、y の入力は、13 ユニットである。というのも、— 〇 — は、長に 9 ユニット、短に 1 ユニット、そして、長と短の間に 3 ユニットかかるからである。同じように考えれば、should は、47 ユニットかかる。というのも、o は — — — は 11 ユニット、u は 〇 — — で 7 ユニット、l は — — — — で 13 ユニット、d は — — 〇 7 ユニットで、さらに文字間に 3 ユニットづつおかなければならないので、 $3 \times 3 = 9$ ユニット足して計 47 ユニットである。とすると、should は予測により入力

を行なう方が直接入力を行なうよりも、時間を短縮できそうであることが予想される。

一般に、現在ユーザの入力した文字列を prefix とする単語 s を選択するのにかかる時間を、 $t_{select}(s)$ 、suffix 部分を入力する時間を $t_{enter}(s)$ とする。すると、

$$t_{enter}(s) < t_{select}(s) \quad (2)$$

が成り立つ場合には、候補リストから s を削除することにより、入力が困難な単語の候補順位が繰り上がり、さらに入力時間を短縮できる。そこで、ユーザに候補を提示するたびに、候補を高順位のものから走査して、上の条件を満たす候補を削除する。

$t_{enter}(s)$ については、should で示した例と同様に計算する。一方で、 $t_{select}(s)$ については、その候補が i 番目の候補として挙がっているものとする、

$$t_{select}(s) = 7 + (i - 1) \times dt \quad (3)$$

として計算する。ただし、7 ユニットはモード切替の時間、 dt を i 番目から $i + 1$ 番目の候補に移動するユニット数としている。

一般に、刈り込みの効果は、ユーザが見る単語の数 ($NthMax$) によって異なる。 $NthMax$ が 1 である場合には、刈り込みの効果はあまり得られない。一方で、 $NthMax$ が大きい場合には、刈り込まれて繰り上がる候補が多くなる一方で、たくさんの候補をユーザが走査することになる。この点に関する詳細は、[3] において分析されている。

ここで述べた刈り込みの方法は、ある文字列を入力する際に複数種の入力方法があるとき、その効率をシステムが計測し、効率の小さい方の入力を選択するようにユーザを仕向けることに相当する。実際、本システムにおいては、ある単語を入力するには、

- 直接モールス符号で入力を行う。
- 候補から選択する。

の二つの方法がある。前者の効率が後者の効率を下回る時には、前者でユーザが入力を行わないように、ユーザをガイドしていることになる。本稿の範囲では、モールス符号をそのまま用いた入力方法となっているが、今後、その点を変更したとしても、同様の考え方は用いることができる。

また、同様のアイデアは携帯電話における通常の英語入力や、かな文字列の日本語入力にも適用できることから、ユニバーサルな技術として発展させられる可能性があり、今後の課題である。

4. 実験

4.1 刈り込みの効果

本節では、予測入力の効果、および刈り込みの効果を計算機上の実験で確かめる。

表 3 単なる予測入力、および刈り込みによる効率の向上 (ユーザに示す候補数が 5 のとき)

| テスト コーパス | 入力 単語数 | 入力時間の短縮率 | | キー入力数の減少率 | | 単語の選択率 | |
|-------------|-----------|----------|--------|-----------|--------|--------|--------|
| | | 予測+刈込 | 予測のみ | 予測+刈込 | 予測のみ | 予測+刈込 | 予測のみ |
| ACL03 の論文 | 4287 | 18.60% | 14.67% | 34.8% | 35.8% | 59.51% | 77.96% |
| トムソーヤの冒険 | 4714 | 13.60% | 8.08% | 28.76% | 29.99% | 50.36% | 71.64% |
| アメリカ合衆国憲法 | 4973 | 17.5% | 13.59% | 36.80% | 37.35% | 67.04% | 82.99% |
| 個人の電子メール | 6567 | 18.04% | 13.84% | 35.68% | 35.84% | 59.08% | 75.22% |

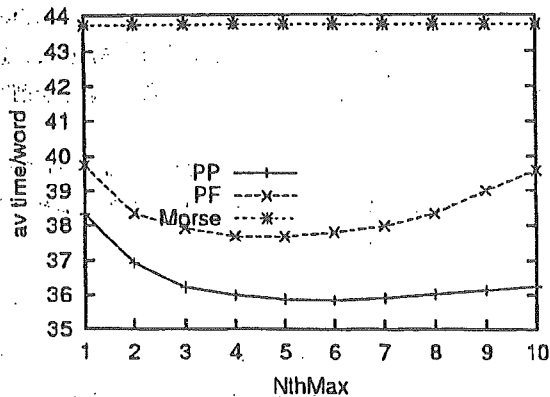


図 3 ユーザに示す候補数に対する 1 単語あたり入力に必要な時間 (電子メールの場合)

まず、予測に用いる辞書には、WSJ の 30M バイト分の全単語を用いた。入力用のデータには、表 3 の第一列に示した 4 つのものを用意し、うち 5000 単語程度を入力した。候補をスキャンする速度 d_t は 3 ユニットとして設定した。

ユーザに示す候補数を 5 とした場合の結果を、表 3 に示す。まず、第四列を見ると、予測だけでも、15% 程度の時間上の効率向上が見られる場合がある。最終列を見ると、上位 5 単語を見せるだけで、実に 8 割近くの単語が候補から選択されていることがわかる。その前の列 (第 7 列) を見ると、刈り込みを行なうと単語の選択率が減ることがわかる。刈り込まれた単語は候補には挙がらないため、当然の結果である。しかし、第三列と第四列を比較すると、入力時間は 5% 前後早くなっている上、第五、六列の比較から、この効果が、キー入力数をほとんど変更せずに行われていることがわかる。

つぎに、ユーザに示す候補数を変更した場合の時間効率を図 3 に示す。横軸は、ユーザに示す候補数、縦軸は 1 単語あたりの入力に必要なユニット数である。折れ線は、上からモールス信号のみの場合、予測のみの場合、予測と刈り込みを行なった場合である。予測のみでは、ユーザに示す候補数が増やすぎると、時間効率が悪くなることとなる。一方で、刈り込みを用いると、時間効率が向上しない候補が削除されるので、示す候補を多くしても時間効率が悪くはならないことがわかる。

4.2 健常者による小実験

健常者による小実験を行った。30 分を 1 セットとして、第一著者が 2 セット分の入力を行い、速度を測定した。1 回目は

1 分あたり 4.5 単語程度、2 回目は 1 分あたり 5.2 単語程度となった。第一著者はモールス符号を記憶してはおらず、モールス符号の表を見ながらの入力実験となった。したがって、モールス符号初心者であれば、この程度を出すこととなる。

一般に、アマチュア無線においては、(予測入力を用いずに)モールス符号での入力は 1 分あたり 5 単語程度と報告されている。今後はより詳細な実験を行い、予測入力の効果、刈り込みの効果などを入力実験によって確かめていきたい。

5. モールス符号の問題

モールスコードをそのまま踏襲すると、さまざまな問題が起こる。

第一の問題は、頻繁に使うコードが長いことがある点である。たとえば、一文字消去は dot を 6 回押すことになっている。モールスコードに慣れていない人が初めて本システムで入力をはじめる際には、頻繁に間違えるために、訂正を何度も押すことになる。その際、この割り当ては問題となる。

第二の問題は、単語の切れ目の同定である。モールス符号に従うならば、7 ユニット以上の時間を空けると、単語の切れ目となってしまう。この制限は、単語内ではユーザが 7 ユニットの間を空けることなく符号を打ち続けること強いられ、心理的負担が大きい。

一つの解決策として、1 文字消去や単語切れ目を別の短い符号を割り当てることが考えられるものの、モールス符号では短い符号はすべて高い頻度で入力されるアルファベットに割り当てがあるため、再割り当てが難しい。

本稿の範囲では、モールス符号をそのまま踏襲する方向で論じており、これらの問題に対処するには到っていない。現在解決方法を模索中である。

6. 結 論

本稿では、モールス信号に基づく重度身障者のための 1 ボタン入力システムを報告した。既存のモールス信号に基づく入力システムの研究に加えて、本稿では新たに予測入力を導入し、さらに候補のうち入力時間の短縮をもたらさない候補を削除する刈り込みを行なったところ、入力効率の向上が見られた。本工夫は、現在のところは英語での効果のみ検証されているが、日本語のシステムや、一般の予測入力のシステムに適用可能であるため、この点が今後の課題となる。